

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-291928
(P2001-291928A)

(43)公開日 平成13年10月19日 (2001.10.19)

(51)Int.Cl.⁷
H 0 1 S 5/0687

識別記号

F I
H 0 1 S 5/0687

テ-マコ-ト^{*} (参考)
5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 17 頁)

(21)出願番号 特願2000-34220(P2000-34220)
(22)出願日 平成12年2月10日 (2000.2.10)
(31)優先権主張番号 特願平11-36437
(32)優先日 平成11年2月15日 (1999.2.15)
(33)優先権主張国 日本 (J P)
(31)優先権主張番号 特願2000-23020(P2000-23020)
(32)優先日 平成12年1月31日 (2000.1.31)
(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000005223
富士通株式会社
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号
(72)発明者 小宮山 学
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内
(72)発明者 国兼 達郎
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内
(74)代理人 100070150
弁理士 伊東 忠彦

最終頁に続ぐ

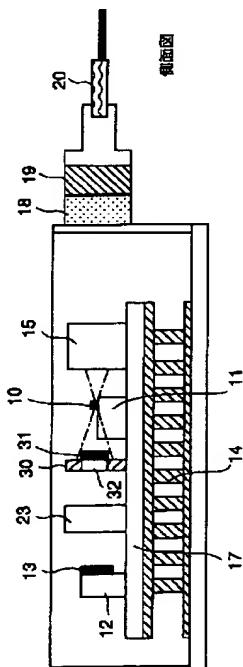
(54)【発明の名称】 光モジュール

(57)【要約】

【課題】 部品数を減少することができ、組立コストを減少することができ、複数の発振波長を高精度に調整することができる光モジュールを提供することを目的とする。

【解決手段】 発光手段10から出力される光信号を受光する半透明構造の第1受光レベル検出手段31と、第1受光レベル検出手段31を透過した光信号をフィルタ手段23を介して受光する第2受光レベル検出手段13と、第1受光レベル検出手段及び第2受光レベル検出手段から出力される電気信号に従って発光手段10の動作温度を制御する制御手段14とを有することにより上記課題を解決する。

本発明の光モジュールの第1実施例の側面図



【特許請求の範囲】

【請求項1】 発光手段から出力される光信号を受光する半透明構造の第1受光レベル検出手段と、

前記第1受光レベル検出手段を透過した前記光信号をフィルタ手段を介して受光する第2受光レベル検出手段と、

前記第1受光レベル検出手段及び第2受光レベル検出手段から出力される電気信号に従って前記発光手段の動作温度を制御する制御手段とを有する光モジュール。

【請求項2】 前記フィルタ手段は、前記第1受光レベル検出手段を透過した光信号をフィルタ特性に従って減衰し、その減衰した光信号を前記第2受光レベル検出手段に出力することを特徴とする請求項1記載の光モジュール。

【請求項3】 前記フィルタ手段は、前記光信号の入射角度の変動に従って前記フィルタ特性が変動することを特徴とする請求項2記載の光モジュール。

【請求項4】 前記制御手段は、前記第1受光レベル検出手段から出力される電気信号と第2受光レベル検出手段から出力される電気信号とを比較する比較手段と、前記比較の結果に従って前記発光手段の動作温度を制御し、前記発光手段から出力される光信号の波長を調整する温度制御手段とを有する請求項1記載の光モジュール。

【請求項5】 前記温度制御手段は、前記発光手段の動作温度をペルチェ効果を利用して可変することを特徴とする請求項4記載の光モジュール。

【請求項6】 前記第1受光レベル検出手段は、第1固定手段に設置されており、その第1固定手段に前記フィルタ手段が設置されていることを特徴とする請求項1記載の光モジュール。

【請求項7】 前記発光手段は、第2固定手段に設置されており、その第2固定手段に前記第1受光レベル検出手段が設置されていることを特徴とする請求項1記載の光モジュール。

【請求項8】 動作温度に従って発振波長を変化させる発光手段と、前記発光手段から出力される光信号を分岐する分岐手段と、

分岐された一の光信号を受光する第1受光レベル検出手段と、

分岐された他の一の光信号をフィルタ手段を介して受光する第2受光レベル検出手段と、

前記第1受光レベル検出手段及び第2受光レベル検出手段から出力される電気信号に従って前記発光手段の動作温度を制御する第1制御手段と、

前記発光手段の発振波長に従って前記フィルタ手段の動作温度を制御する第2制御手段とを有する光モジュール。

【請求項9】 前記フィルタ手段は、前記他の一の光信

号をフィルタ特性に従って減衰し、その減衰した光信号を前記第2受光レベル検出手段に出力することを特徴とする請求項8記載の光モジュール。

【請求項10】 前記フィルタ手段は、前記光信号の入射角度の変動に従って前記フィルタ特性が変動することを特徴とする請求項9記載の光モジュール。

【請求項11】 前記第1制御手段は、前記第1受光レベル検出手段から出力される電気信号と第2受光レベル検出手段から出力される電気信号とを比較する比較手段と、

前記比較の結果に従って前記発光手段の動作温度を制御し、前記発光手段から出力される光信号の波長を調整する第1温度制御手段とを有する請求項8記載の光モジュール。

【請求項12】 前記第2制御手段は、前記フィルタ手段の動作温度を検出する温度検出手段と、前記発光手段の発振波長毎に設定されている動作温度に応じた基準値を出力する基準値出力手段と、前記温度検出手段から出力される動作温度に応じた値と前記基準値とを比較する比較手段と、

前記比較の結果に従って前記フィルタ手段の動作温度を制御する第2温度制御手段とを有する請求項8記載の光モジュール。

【請求項13】 前記発光手段は、アレイ構造又はタンデム構造を有するレーザダイオードで構成されることを特徴とする請求項1又は8記載の光モジュール。

【請求項14】 前記フィルタ手段は、エタロンフィルタであることを特徴とする請求項1又は8記載の光モジュール。

【請求項15】 発光手段と、前記発光手段の温度を制御する第1の温度制御手段と、前記発光手段からの光を受光する第1の受光手段と、前記発光手段からの光をフィルタ手段を介して受光する第2の受光手段と、前記フィルタ手段の温度を制御する第2の温度制御手段とを有する光モジュール。

【請求項16】 前記フィルタ手段は、ファブリペロエタロンであることを特徴とする請求項15記載の光モジュール。

【請求項17】 前記第1の温度制御手段と前記第2の温度制御手段との上には、それぞれ温度測定素子が配置されていることを特徴とする請求項15記載の光モジュール。

【請求項18】 前記発光素子からの光を前記第1の受光手段に分岐する第1の分岐手段と、前記発光素子からの光を前記第2の受光手段に分岐する第2の分岐手段とを更に有する請求項15記載の光モジュール。

【請求項19】 前記第1の受光手段は、半透明構造の受光素子であると併に、前記フィルタ手段は前記第1の

受光手段の光をフィルタリングして前記第2の受光手段に出力することを特徴とする請求項15記載の光モジュール。

【請求項20】 発光手段と、
前記発光手段からの光を受光する半透明な第1の受光手段と、
前記第1の受光手段を透過した前記発光手段からの光をフィルタ手段を介して受光する第2の受光手段と、
前記発光手段の温度を制御する第1の温度制御手段とを有する光モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光モジュールに係り、特に、出力する光信号の波長を安定化させる光モジュールに関する。

【0002】

【従来の技術】 波長分割多重 (Wavelength Division Multiplexing) 技術を利用する光波長多重伝送システム (以下、WDMシステムという。) は、多重化する波長の数を増加することにより伝送容量が増加する。つまり、伝送容量を増加する為には、波長間隔を圧縮する必要がある。しかし、光信号の波長間隔が狭くなると、光モジュールから出力される光信号の波長精度を向上させる必要があった。

【0003】 従来の光モジュールは、例えばレーザダイオード光源の波長の経時的変動又は周囲温度による変動を抑制し、出力する光信号の波長をロックするモジュール構造を有している。このようなモジュール構造を有する光モジュールとしては、例えば、光信号の波長変動を抑制する波長ロック機能を有する光モジュールがある。なお、波長ロック機能は例えば波長ロッカと呼ばれる波長検出モジュールを利用して行われる。

【0004】 まず、波長ロッカを内蔵していない光モジュールについて図1、2を参照して説明する。図1は、光モジュール1の一例の側面図を示す。また、図2は光モジュール1の一例の上面図を示す。

【0005】 光モジュール1は、レーザダイオード (以下、LDという。) 素子10、LDキャリア11、フォトダイオード (以下、PDという。) キャリア12、モニタPD13、電気-熱変換素子 (以下、TECという。) 14、第1レンズ15、サーミスタ抵抗16、マウントキャリア17、光アイソレータ18、及び第2レンズ19を含むように構成される。

【0006】 発光素子であるLD素子10はLDキャリア11に設置され、前方向及び後方向に光信号を出力する。LD素子10の前方向に出力された光信号は、マウントキャリア17に設置された第1レンズ15により平行光に変換され、光アイソレータ18に供給される。

【0007】 光アイソレータ18は、第1レンズ15から供給される順方向の光信号を透過し、後述する第2レ

ンズ19から供給される逆方向の反射光を遮断することにより光反射を防止する。光アイソレータ18を透過した光信号は、第2レンズ19により集光され、光ファイバ20に供給される。

【0008】 また、LD素子10の後方向に出力された光信号は、PDキャリア12に設置されたモニタPD13により光信号出力をモニタされており、前方向に出力される光信号出力を一定とする為のオートパワー制御 (以下、APC制御という。) に利用される。

10 【0009】 前述したLDキャリア11、PDキャリア12、及び第1レンズ15は、TEC14上にマウントキャリア17を介して設置されている。このマウントキャリア17上には更にサーミスタ抵抗16が設置され、LD素子10付近の温度をモニタしている。TEC14は、サーミスタ抵抗16による温度モニタの結果に従つてLD素子10付近の温度が一定となるように自動温度制御 (以下、ATC制御という。) を行なっている。

【0010】 次に、波長ロッカを内蔵している光モジュールについて図3、4を参照して説明する。図3は、光モジュール2の一例の側面図を示す。また、図4は光モジュール2の一例の側面図を示す。なお、光モジュール2は一部を除いて図1、2の光モジュール1と同様であり、同一部分には同一符号を付して説明を省略する。

20 【0011】 光モジュール2は、LD素子10、LDキャリア11、PDキャリア12、モニタPD13、TEC14、第1レンズ15、マウントキャリア17、光アイソレータ18、第2レンズ19、後方レンズ21、PDキャリア22、光フィルタ23、ビームスプリッタ (以下、BSという。) 24、及びモニタPD25を含むように構成される。

【0012】 LD素子10の後方向に出力された光信号は、後方レンズ21により集光され、BS24に供給される。BS24は供給された光信号の一部を反射し、他の部分を透過することにより光信号を2分岐する。分岐された一方の光信号は、PDキャリア22に設置されたモニタPD25により光信号出力をモニタされており、前方向に出力される光信号出力を一定とする為のAPC制御に利用される。分岐された他方の光信号は、光フィルタ23を介してPDキャリア12に設置されたモニタPD13に供給される。

40 【0013】 光フィルタ23は、光信号の波長に対して透過特性が傾斜するものを用いている。例えば、エタロンフィルタ、低域フィルタ、高域フィルタ、帯域フィルタ等が考えられる。なお、LD素子10から出力される光信号の波長をロックする波長固定制御方法はモニタPD13及びモニタPD25の出力をを利用して行われる。

【0014】 図5は、波長固定制御方法について説明する一例のブロック図を示す。LD素子10の後方向に出力された光信号は、その一部がBS24-1に反射され、モニタPD25に供給される。また、LD素子10

の後方向に出力された光信号のうちB S 2 4 - 1を透過した光信号はB S 2 4 - 2に反射され、例えば光フィルタ2 3として用いられる帯域フィルタを介してモニタP D 1 3に供給される。

【0015】モニタP D 1 3, 2 5は図6に示すようなモニタ電流を後述する割り算回路T E C 2 6に供給する。図6は、モニタP Dから出力されるモニタ電流値について説明する一例の図を示す。

【0016】図6中、P D 2 5から出力されるモニタ電流値は波長依存性のないフラットな特性を示す。また、P D 1 3から出力されるモニタ電流値は、光フィルタ2 3を介して光信号が供給されている為に、その光フィルタ2 3の特性を示す。

【0017】例えば、図6中の波長 λ 1に発振波長をロックしたい場合、LD素子1 0の発振波長が動作温度に応じて変動することを利用して、LD素子1 0の発振波長を λ 1に設定する。そして、割り算回路T E C 2 6にP D 1 3, 2 5から出力されるモニタ電流値を夫々供給する。

【0018】割り算回路T E C 2 6は、供給されたモニタ電流値を除算して、図7に示すような値を出力する。図7は、割り算回路T E Cから出力される値について説明する一例の図を示す。

【0019】図7に示されるように、割り算回路T E C 2 6の出力値は、発振波長が λ 1からはずれると、増加又は減少する特性を示す。温度制御回路2 7は、割り算回路T E C 2 6から供給される値に従ってT E C 1 4を制御し、LD素子1 0付近の温度を制御することによりLD素子1 0の発振波長を調整していた。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図3, 4に示す様な従来の光モジュールは、B S 2 4等により光信号を2分岐している為、実装面積が大きくなるという問題があった。このため、LD素子1 0とモニタP D 1 3, 2 5との距離が大きくなり、後方レンズ2 1が必要となっていた。したがって、必要な部品点数が増加し、コストが増加するという問題があった。

【0021】また、必要な光学部品点数の増加により光軸合わせ等の調整箇所が増加し、組立工数が増加してしまうという問題があった。

【0022】さらに、伝送容量を増加する為には、一台の光モジュールにおいて数種類の発振波長に調整することができるチューナブルLD素子が必要であり、このチューナブルLD素子から出力される光信号の波長精度を向上させる必要があった。

【0023】本発明は、上記の点に鑑みなされたもので、部品数を減少することができ、組立コストを減少することができ、複数の発振波長を高精度に調整することができる光モジュールを提供することを目的とする。

【0024】

【課題を解決するための手段】そこで、上記課題を解決するため、請求項1記載の光モジュールは、発光手段から出力される光信号を受光する半透明構造の第1受光レベル検出手段（例えば、図8におけるモニタP D 3 1）と、前記第1受光レベル検出手段を透過した前記光信号をフィルタ手段を介して受光する第2受光レベル検出手段（例えば、図8におけるモニタP D 1 3）と、前記第1受光レベル検出手段及び第2受光レベル検出手段から出力される電気信号に従って前記発光手段の動作温度を制御する制御手段（例えば、図8におけるT E C 1 4）とを有することを特徴とする。

【0025】このように、第1受光レベル検出手段を半透明構造とすることで、第1受光レベル検出手段を透過した光信号を第2受光レベル検出手段に供給することができる。したがって、光信号を分岐する為の部品が不要となり、組立コストを減少することができる。

【0026】また、請求項2記載の光モジュールは、前記フィルタ手段（例えば、図8における光フィルタ2 3）が、前記第1受光レベル検出手段を透過した光信号をフィルタ特性に従って減衰し、その減衰した光信号を前記第2受光レベル検出手段に出力することを特徴とする。

【0027】このように、第2受光レベル検出手段に供給される光信号をフィルタ特性に従って減衰することにより、第1受光レベル検出手段から出力される電気信号と第2受光レベル検出手段から出力される電気信号とに差を設けることができる。

【0028】また、請求項3記載の光モジュールは、前記フィルタ手段（例えば、図8における光フィルタ2 3）が、前記光信号の入射角度の変動に従って前記フィルタ特性が変動することを特徴とする。

【0029】このように、フィルタ手段に入力される光信号の入射角度に従ってフィルタ特性が変動できることにより、フィルタ特性のうち受光レベルの検出に利用し易い部分を利用することができる。

【0030】また、請求項4記載の光モジュールは、前記制御手段が、前記第1受光レベル検出手段から出力される電気信号と第2受光レベル検出手段から出力される電気信号とを比較する比較手段（例えば、図1 1における割り算回路T E C 2 6）と、前記比較の結果に従って前記発光手段の動作温度を制御し、前記発光手段から出力される光信号の波長を調整する温度制御手段（例えば、図1 1における温度制御回路2 7, T E C 1 4）とを有することを特徴とする。

【0031】このように、第1受光レベル検出手段から出力される電気信号と第2受光レベル検出手段から出力される電気信号との比較結果に従って発光手段の動作温度を制御できるので、光信号の波長を容易に調整することができる。

【0032】また、請求項5記載の光モジュールは、前

記温度制御手段が、前記発光手段の動作温度をペルチェ効果を利用して可変することを特徴とする。

【0033】このように、ペルチェ効果を利用することにより、容易に発光手段の動作温度を調整できる。

【0034】また、請求項6記載の光モジュールは、前記第1受光レベル検出手段が、第1固定手段（例えば、図16におけるPDキャリア30）に設置されており、その第1固定手段に前記フィルタ手段が設置されていることを特徴とする。

【0035】このように、第1固定手段に第1受光レベル検出手段とフィルタ手段とを設置することにより、第1受光レベル検出手段とフィルタ手段との距離を小さくすることができる。したがって、第2受光レベル検出手段と発光手段との距離を小さくすることができ、光モジュールの小型化が可能となる。

【0036】また、請求項7記載の光モジュールは、前記発光手段が、第2固定手段（例えば、図18におけるLDキャリア11）に設置されており、その第2固定手段に前記第1受光レベル検出手段が設置されていることを特徴とする。

【0037】このように、第2固定手段に発光手段と第1受光レベル検出手段とを設置することにより、同一基板上に発光手段と第1受光レベル検出手段とを集積化することができる。したがって、部品数を減少することができると供に光モジュールの小型化が可能となる。

【0038】また、請求項8記載の光モジュールは、動作温度に従って発振波長を変化させる発光手段（例えば、図22におけるLD素子10）と、前記発光手段から出力される光信号を分岐する分岐手段（例えば、図22におけるBS24）と、分岐された一の光信号を受光する第1受光レベル検出手段（例えば、図22におけるモニタPD25）と、分岐された他の一の光信号をフィルタ手段を介して受光する第2受光レベル検出手段（例えば、図22におけるモニタPD13）と、前記第1受光レベル検出手段及び第2受光レベル検出手段から出力される電気信号に従って前記発光手段の動作温度を制御する第1制御手段（例えば、図22におけるTEC14-1）と、前記発光手段の発振波長に従って前記フィルタ手段の動作温度を制御する第2制御手段（例えば、図22におけるTEC14-2）とを有することを特徴とする。

【0039】このように、第1制御手段と第2制御手段とを有することにより、発光手段の動作温度とフィルタ手段の動作温度とを別々に調整することができる。したがって、発光手段から出力される光信号の波長を高精度に調整することができる。

【0040】また、請求項9記載の光モジュールは、前記フィルタ手段が、前記他の一の光信号をフィルタ特性に従って減衰し、その減衰した光信号を前記第2受光レベル検出手段に出力することを特徴とする。

【0041】このように、第2受光レベル検出手段に供給される光信号をフィルタ特性に従って減衰することにより、第1受光レベル検出手段から出力される電気信号と第2受光レベル検出手段から出力される電気信号とに差を設けることができる。

【0042】また、請求項10記載の光モジュールは、前記フィルタ手段が、前記光信号の入射角度の変動に従って前記フィルタ特性が変動することを特徴とする。

【0043】このように、フィルタ手段に入力される光信号の入射角度に従ってフィルタ特性が変動できることにより、フィルタ特性のうち受光レベルの検出に利用し易い部分を利用することができる。

【0044】また、請求項11記載の光モジュールは、前記第1制御手段が、前記第1受光レベル検出手段から出力される電気信号と第2受光レベル検出手段から出力される電気信号とを比較する比較手段（例えば、図24における比較回路52）と、前記比較の結果に従って前記発光手段の動作温度を制御し、前記発光手段から出力される光信号の波長を調整する第1温度制御手段（例えば、図24における温度制御回路53, TEC14-1）とを有することを特徴とする。

【0045】このように、第1受光レベル検出手段から出力される電気信号と第2受光レベル検出手段から出力される電気信号との比較結果に従って発光手段の動作温度を制御できるので、光信号の波長を容易に調整することができる。

【0046】また、請求項12記載の光モジュールは、前記第2制御手段が、前記フィルタ手段の動作温度を検出する温度検出手段（例えば、図24におけるサーミスタ抵抗16-2）と、前記発光手段の発振波長毎に設定されている動作温度に応じた基準値を出力する基準値出力手段（例えば、図24におけるREF回路42-45）と、前記温度検出手段から出力される動作温度に応じた値と前記基準値とを比較する比較手段（例えば、図24における比較回路40）と、前記比較の結果に従って前記フィルタ手段の動作温度を制御する第2温度制御手段（例えば、図24における温度制御回路27）とを有することを特徴とする。

【0047】このように、温度検出手段から出力される動作温度に応じた値と前記基準値とに応じてフィルタ手段の動作温度を発振波長毎に調整できるので、発光手段から出力される光信号の波長を高精度に調整することができる。

【0048】また、請求項13記載の光モジュールは、前記発光手段が、アレイ構造（例えば、図25における構造）又はタンデム構造（例えば、図26における構造）を有するレーザダイオードで構成されることを特徴とする。

【0049】このように、発光手段がアレイ構造又はタンデム構造のレーザダイオードで構成された光モジュー

ルであっても、夫々のレーザダイオードの発振波長を高精度に調整することが可能である。

【0050】また、請求項14記載の光モジュールは、前記フィルタ手段が、エタロンフィルタであることを特徴とする。

【0051】このように、フィルタ手段にエタロンフィルタを利用することにより、第2受光レベル検出手段は周期性を持った光信号を受信することができる。したがって、発光手段から出力される光信号を広範囲の発振波長に調整することが可能となる。

【0052】また、請求項15記載の光モジュールは、発光手段（例えば、図23におけるLD素子10）と、前記発光手段の温度を制御する第1の温度制御手段（例えば、図23におけるTEC14-1）と、前記発光手段からの光を受光する第1の受光手段（例えば、図23におけるモニタPD25）と、前記発光手段からの光をフィルタ手段を介して受光する第2の受光手段（例えば、図23におけるモニタPD13）と、前記フィルタ手段の温度を制御する第2の温度制御手段（例えば、図23におけるTEC14-2）とを有することを特徴とする。

【0053】このように、第1の温度制御手段と第2の温度制御手段とを有することにより、発光手段の動作温度とフィルタ手段の動作温度とを別々に調整することが可能となる。したがって、発光手段から出力される光信号の波長を高精度に調整することが可能となる。

【0054】また、請求項16記載の光モジュールは、前記フィルタ手段（例えば、図23における光フィルタ23）は、ファブリペロエタロンであることを特徴とする。

【0055】このように、フィルタ手段にエタロンフィルタを利用することにより、第2の受光手段は周期性を持った光信号を受信することができる。したがって、発光手段から出力される光信号を広範囲の発振波長に調整することが可能となる。

【0056】また、請求項17記載の光モジュールは、前記第1の温度制御手段と前記第2の温度制御手段との上には、それぞれ温度測定素子（例えば、図23におけるサーミスタ抵抗16-1, 16-2）が配置されていることを特徴とする。

【0057】このように、前記第1の温度制御手段と前記第2の温度制御手段との上に、それぞれ温度測定素子を配置することにより、発光手段及びフィルタ手段の動作温度を調整することができる。

【0058】また、請求項18記載の光モジュールは、前記発光素子からの光を前記第1の受光手段に分岐する第1の分岐手段（例えば、図28におけるBS24-1）と、前記発光素子からの光を前記第2の受光手段に分岐する第2の分岐手段（例えば、図28におけるBS24-2）とを更に有することを特徴とする。

【0059】このように、第1の分岐手段及び第2の分岐手段を設置することにより、発光手段からの光を第1の受光手段及び第2の受光手段に分岐することができる。

【0060】また、請求項19記載の光モジュールは、前記第1の受光手段は、半透明構造の受光素子（例えば、図30における31）であると共に、前記フィルタ手段は前記第1の受光手段の光をフィルタリングして前記第2の受光手段に出力することを特徴とする。

10 【0061】このように、第1の受光手段を半透明構造とすることで、第1の受光手段を透過した光信号を第2の受光手段に供給することができる。したがって、光信号を分岐する為の部品が不要となり、組立コストを減少することができる。

【0062】また、請求項20記載の光モジュールは、発光手段（例えば、図8におけるLD素子10）と、前記発光手段からの光を受光する半透明な第1の受光手段（例えば、図8におけるモニタPD31）と、前記第1の受光手段を透過した前記発光手段からの光をフィルタ手段を介して受光する第2の受光手段（例えば、図8におけるモニタPD13）と、前記発光手段の温度を制御する第1の温度制御手段（例えば、図8におけるTEC14）とを有することを特徴とする。

20 【0063】このように、第1の受光手段を半透明構造とすることで、第1の受光手段を透過した光信号を第2の受光手段に供給することができる。また、光信号を分岐する為の部品が不要となり、組立コストを減少することができる。また、発光手段の動作温度を制御できるので、光信号の波長を容易に調整することができる。

30 【0064】なお、上記括弧内の記載は、理解を容易にする為に付したものであり、一例にすぎない。

【0065】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について図面に基づいて説明する。

【0066】図8は、本発明の光モジュールの第1実施例の側面図を示す。また、図9は、本発明の光モジュールの第1実施例の上面図を示す。光モジュール3は、LD素子10, LDキャリア11, PDキャリア12, モニタPD13, TEC14, 第1レンズ15, サーミスタ抵抗16, マウントキャリア17, 光アイソレータ18, 第2レンズ19, 光フィルタ23, PDキャリア30, 及びモニタPD31を含むように構成される。

40 【0067】発光素子であるLD素子10はLDキャリア11に設置され、前方向及び後方向に光信号を出力する。LD素子10の前方向に出力された光信号は、マウントキャリア17に設置された第1レンズ15により平行光に変換され、光アイソレータ18に供給される。

【0068】光アイソレータ18は、第1レンズ15から供給される順方向の光信号を透過し、後述する第2レンズ19から供給される逆方向の反射光を遮断すること

により光反射を防止する。光アイソレータ18を透過した光信号は、第2レンズ19により集光され、光ファイバ20に供給される。

【0069】LD素子10の後方向に出力された光信号は、PDキャリア30に設置された半透明構造のモニタPD31により光信号出力をモニタされている。モニタPD31は、フォトダイオードの吸収層を薄くすることにより半透明化（例えば、透過率50%以下）を実現する。

【0070】モニタPD31が設置されるPDキャリア30は、モニタPD31の受光部に相対する位置に穴32を設けられている。つまり、LD素子10の後方向に出力された光信号は半透明構造のモニタPD31を透過し、PDキャリア30に設けられた穴32を通過して光フィルタ23に供給される。そして、光フィルタ23に供給された光信号は、光フィルタ23を介してPDキャリア12に設置されたモニタPD13に供給される。

【0071】前述したLDキャリア10、PDキャリア12、及び第1レンズ15、光フィルタ23、及びPDキャリア30は、TEC14上にマウントキャリア17を介して設置されている。LDキャリア11上にはサーミスタ抵抗16が設置され、LD素子10付近の温度をモニタしている。TEC14は例えばペルチェ効果を利用することにより、LD素子10付近の温度を調整することが可能である。

【0072】LD素子10は動作温度が変動すると図10に示すように発振波長が変動するので、LD素子10付近の温度を調整することにより所望の発振波長を得ることができる。図10は、LD素子10の発振波長の温度特性について説明する一例の図を示す。図10の例では、LD素子10は発振波長の温度依存性が0.09nm/°Cである。

【0073】なお、モニタPD13、31は、受光感度に温度特性を有する為、LD素子10と同様にPDキャリア12、30を介してTEC14に設置され、付近の温度が調整されている。

【0074】半透明構造のモニタPD31を透過した光信号が供給される光フィルタ23は、例えば、エタロンフィルタ、低域フィルタ、高域フィルタ、帯域フィルタ等で構成される。

【0075】次に、LD素子10から出力される光信号の波長をロックする波長固定制御方法について図11を参照しつつ説明する。図11は、波長固定制御方法について説明する一例のブロック図を示す。

【0076】LD素子10の後方向に出力された光信号は半透明構造のモニタPD31に供給される。また、モニタPD31を透過した光信号は、例えば光フィルタ23として用いられる帯域フィルタを介してモニタPD13に供給される。モニタPD13、31は、例えば前述した図6に示すようなモニタ電流を割り算回路TEC2

6に供給する。

【0077】図6中、モニタPD31から出力されるモニタ電流値は波長依存性のないフラットな特性を示す。また、モニタPD13から出力されるモニタ電流値は、光フィルタ23を介して光信号が供給されている為に、その光フィルタ23の特性を示す。例えば、図6は光フィルタ23に帯域フィルタを利用した場合にモニタPD13から出力されるモニタ電流である。

【0078】割り算回路TEC26は、供給されたモニタ電流値を除算して、例えば前述した図7に示すような値を出力する。割り算回路TEC26の出力値は、発振波長がλ1からはずれると、増加又は減少する特性を示す。温度制御回路27は、割り算回路TEC26から供給される値に従ってTEC14を制御し、LD素子10付近の温度を制御することによりLD素子10の発振波長を調整することが可能である。

【0079】次に、光フィルタ23にエタロンフィルタを利用した場合にモニタPD13から出力されるモニタ電流について図12を参照して説明する。図12は、モニタPD13から出力されるモニタ電流値について説明する一例の図を示す。

【0080】光フィルタ23にエタロンフィルタを利用すると、エタロンフィルタの波長透過特性が周期的に繰り返される為、モニタPD13から出力されるモニタ電流値は図12に示されるような特性を有する。つまり、TEC14を制御してLD素子10の発振波長を調整することにより、例えば図12のλ1～λ4のように複数の発振波長にロックすることが可能となる。

【0081】ここで、エタロンフィルタの原理について図13を参照しつつ簡単に説明しておく。図13は、エタロンフィルタの原理について説明する一例の図を示す。

【0082】図13中、屈折率n及び厚さhの平行平板又は平行膜が屈折率n'の媒体中に設けられており、上部から平面波がθ'で入射している。進行した光は以下の式(1)により示されるθの角で進行するが、下面に達して一部が反射される。

【0083】

$$\theta = \sin^{-1} [(n' / n) \sin \theta'] \dots (1)$$

40 反射された光は、再び上面に達して反射され、θの角で進行する。このように、上面及び下面において反射が繰り返される為、同じ伝搬角の無数の光波成分が多重干渉を起こすことになる。平行平板又は平行膜内で下向き及び上向きに進む平面波の波動ベクトルを夫々κ+, κ-とすると、これらの平面波の振幅はexp(-jκ- r), exp(-jκ+ r)に比例し、厚さhを伝搬する間の位相回転が供に、-nκ₀h cos θに等しい。したがって、一往復するとき以下の式(2)により示される-ϕの位相回転が伴う。

50 【0084】

$$\phi = n \kappa_0 h \cos \theta \quad (\kappa_0 = 2\pi/\lambda = \omega/c) \dots (2)$$

平行平板又は平行膜の光波に対する上下境界面での透過率をR, Tとすると、平行平板又は平行膜での透過率

$$\text{透過率} = - (1 - R)^2 / (1 - R)^2 + 4 \sin^2(\phi/2) \dots (3)$$

以上により、 $\phi = 2m\pi$ を満たすとき、繰り返し反射にて生成される光波成分が同位相で重なり合うことにより共振発生を生じさせることができ、フィルタとしての特性を得ることができる。また、このときのフィルタ特性

$$FSR = c / 2 * n * L \quad (c: \text{光速}, L: \text{エタロンの厚み}) \dots (4)$$

図8, 9に戻り説明を続けると、光フィルタ23にエタロンフィルタを使用する場合、エタロンフィルタへの光信号の入射角度を変動することにより図14に示すようにフィルタ特性が変化する。図14は、エタロンフィルタの入射角度依存性を説明する一例の図を示す。したがって、エタロンフィルタのピークは、エタロンフィルタへの光信号の入射角度を変動することによりシフトすることが可能である。

【0087】例えば、光モジュール3の光フィルタ23にFSR 100GHzのエタロンフィルタを用いた場合、LD素子10の発振波長はエタロンフィルタの所望ロック波長に対して最大±0.4nmずれる可能性がある。

【0088】図15は、入射角度0°, 3°のときのエタロンフィルタのフィルタ特性を説明する一例の図を示す。例えば、エタロンフィルタへの光信号の入射角度が0°のときの波長のずれが1nmであれば、エタロンフィルタへの光信号の入射角度を3°とすることでLD素子10の発振波長を所望の発振波長にロックすることができる。

【0089】したがって、エタロンフィルタのピークを±0.4nm程度変動させることができが可能な光モジュール3を実現する為には、±3.0°程度の入射角度変動が可能な構造としておけばよい。

【0090】同様に、FSR 200GHz以上のエタロンフィルタを用いる場合、LD素子10の発振波長の最大ずれ量が補正できるように、±4.0°程度の入射角度変動が可能な構造としておけばよい。

【0091】また、光モジュール3のモニタPD13に供給される光信号は、拡散光であるうえに半透明構造のモニタPD31に一部が吸収されるので非常に微小な電流値となることがある。

【0092】したがって、光モジュール3はLD素子10とモニタPD13との距離を可能な限り接近させ、モニタPD31の透過率をモニタPD31のモニタ電流値の限界レベルまで上げる必要がある。例えば、LD素子10とモニタPD13との距離は6mm以下、モニタPD31の透過率は50%以上が望ましい。

【0093】以上のように、光モジュール3は部品数を減少することにより組立コストを減少することが可能である。

14
は、以下の式(3)により示される。

【0085】

のピーク間隔FSRは、以下の式(4)により示される。

【0086】

10 【0094】図16は、本発明の光モジュールの第2実施例の側面図を示す。また、図17は、本発明の光モジュールの第2実施例の上面図を示す。なお、図16, 17の光モジュール3は一部を除いて図8, 9の構成と同様であり、同一部分には同一符号を付して説明を省略する。

【0095】光モジュール3は、光フィルタ23がPDキャリア30に設置されている。光フィルタ23は、PDキャリア30の半透明構造のモニタPD31が設置されている面の反対の面に設置される。なお、光フィルタ23はPDキャリア30に設けられた穴32を覆うように設置されている。

【0096】つまり、LD素子10の後方向に出力された光信号はモニタPD31を透過し、PDキャリア30に設けられた穴32を通過して光フィルタ23に供給される点は第1実施例と同様であるが、モニタPD31と光フィルタ23との距離を小さくすることができる。したがって、モニタPD13とLD素子10との間隔を狭くすることができる。

【0097】図18は、本発明の光モジュールの第3実施例の側面図を示す。また、図19は、本発明の光モジュールの第3実施例の上面図を示す。なお、図18, 19の光モジュール3は一部を除いて図8, 9の構成と同様であり、同一部分には同一符号を付して説明を省略する。

【0098】光モジュール3は、LD素子10と半透明構造のモニタPD31とを集積化し、LDキャリア11上に設置している。なお、LD素子10とモニタPD31とは夫々半導体素子である為、同一の基板上に集積化することができる。

40 【0099】したがって、光モジュール3は部品数を減少することができ、組立コストを減少することができる。

【0100】次に、光フィルタ23にエタロンフィルタを利用することにより複数の発振波長にロックすることができる可能なチューナブルLD素子について説明する。

【0101】例えば、図10を参照して前述したように、LD素子は動作温度が変動すると発振波長が変動する。したがって、LD素子10付近の温度を調整することにより所望の発振波長を得ることができる。発振波長の温度依存性を0.1nm/°Cとすると、100GHz

のWDMシステムは隣接波長間隔が0.8nmである。つまり、LD素子10の動作温度を8°C変動させると隣接波長に発振波長を動かすことが可能である。

【0102】なお、光フィルタ23にエタロンフィルタを利用した場合にPD13から出力されるモニタ電流は図12を参照して前述したように波長透過特性が周期的に繰り返される。発振波長をロックする場合、図12の波長透過特性グラフの傾斜の一番大きい部分に固定するのが望ましい。これは、傾斜が大きければ波長変動を精度良く検出できるからである。

【0103】このように、波長透過特性グラフの傾斜の一番大きい部分にロックする方法は、図14を参照して前述したように、エタロンフィルタへの光信号の入射角度を変動することにより調整が可能である。なお、発振波長をロックする場合、波長透過特性グラフの右側の傾斜又は左側の傾斜のどちらにロックしてもよい。

【0104】ここで、エタロンフィルタのフィルタ特性は、材料の屈折率温度変動、材料の熱膨張による共振器長の変動によりフィルタ特性に変動が生じる。そこで、エタロンフィルタのフィルタ特性の温度依存性について、図20を参照しつつ説明する。図20は、フィルタ特性の温度依存性について説明する一例の図を示す。

【0105】図20のエタロンフィルタのフィルタ特性は、高温になると波形の形状を保ったままピーク波長が長波に移動する。エタロンフィルタのピーク変動量は材質により決定され、約8~22pm/°Cである。

【0106】ところで、第1~第3実施例の光モジュールは、LD素子10を設置しているLDキャリア11と光フィルタ23とが同一のTEC14-1上に設けられている。したがって、LD素子10の動作温度を調整することにより所望の発振波長を得る場合、エタロンフィルタの動作温度も同様に変動し、ピーク波長が変動してしまう。

【0107】この為、エタロンフィルタのFSRは、フィルタ特性の温度依存性を考慮して設計する必要がある。図21は、フィルタ特性の温度依存性を考慮して設計されたピーク間隔FSRについて説明する一例の図を示す。

【0108】LD素子10の発振波長の温度依存性を0.1nm/°Cとすると、動作温度を8°C変動させると隣接波長に発振波長を動かすことが可能である。波長 λ_1 に発振波長をロックできる動作温度が15°Cであるとすると、波長 λ_2 に発振波長をロックできる動作温度が23°C、波長 λ_3 に発振波長をロックできる動作温度が31°C、波長 λ_4 に発振波長をロックできる動作温度が39°Cとなる。

【0109】この為、エタロンフィルタのFSRはWD Mピッチの100GHz(約0.8nm)から8°C×エタロンフィルタの温度依存性分を調整した値となるように設計すればよいことになる。

【0110】一方、LD素子10を設置しているLDキャリア11と光フィルタ23とを別のTEC上に配置すれば、LD素子10の動作温度と光フィルタ23の動作温度とを別々に調整することが可能となる。

【0111】図22は、本発明の光モジュールの第4実施例の側面図を示す。また、図23は、本発明の光モジュールの第4実施例の上面図を示す。なお、図22、23の光モジュール3は一部を除いて図3、4の構成と同様であり、同一部分には同一符号を付して説明を省略する。

【0112】光モジュール3は、LD素子10、LDキャリア11、PDキャリア12、モニタPD13、TEC14-1、TEC14-2、第1レンズ15、マウントキャリア17-1、マウントキャリア17-2、光アイソレータ18、第2レンズ19、後方レンズ21、PDキャリア22、光フィルタ23、BS24、及びモニタPD25を含むように構成される。

【0113】TEC14-1上にはマウントキャリア17-1が設置され、そのマウントキャリア17-1上にLD素子10が設置されたLDキャリア11、第1レンズ15、及び後方レンズ21が設置されている。また、TEC14-2上にはマウントキャリア17-2が設置され、そのマウントキャリア17-2上にモニタPD13が設置されたPDキャリア12、光フィルタ23、モニタPD25が設置されたPDキャリア22、及びBS24が設置されている。

【0114】なお、LDキャリア11上にはサーミスタ抵抗16-1、マウントキャリア17-2上にはサーミスタ抵抗16-2が夫々設置され、付近の温度をモニタしている。したがって、LD素子10の動作温度と光フィルタ23の動作温度とを別々にモニタすることができる。

【0115】以下、エタロンフィルタの温度特性の設計について説明しておく。まず、エタロンフィルタが設置されているTEC14-2の温度可変範囲をA°C、エタロンフィルタの温度特性をBnm/°C、及びエタロンフィルタのFSRをCnmと定義する。発振波長を波長透過特性グラフの片側の傾斜にロックする場合、以下の式(5)の関係が成り立つときにエタロンフィルタは動作温度を調整することによりFSR以上の可変が可能となる。

$$A \times B \geq C \dots (5)$$

また、発振波長を波長透過特性グラフの両側の傾斜にロックする場合、以下の式(6)の関係が成り立つときにエタロンフィルタは動作温度を調整することによりFSR以上の可変が可能となる。

$$A \times B \geq C / 2 \dots (6)$$

具体的に説明すると、エタロンフィルタのFSRが100GHz(約800pm)、エタロンフィルタが設置されているTEC14-2の温度可変範囲が10~65°C

の場合、いかなる波長にもロック可能なエタロンフィルタの温度特性は、波長透過特性グラフの片側の傾斜にロックする場合で $1.4 \sim 5 \text{ pm}/\text{°C}$ 、両側の傾斜にロックする場合で $7 \sim 2 \text{ pm}/\text{°C}$ と算出される。

【0118】したがって、上記の温度特性を満たすようなエタロンフィルタの材料を選定することにより、いかなる波長にもロック可能な光モジュールが実現できる。

【0119】図22、23中、LD素子10から出力される光信号の発振波長は、TEC14-1を利用してLD素子10の動作温度が調整することにより、所望の発振波長にロックされる。また、エタロンフィルタの温度特性は、TEC14-2を利用してエタロンフィルタの動作温度を調整することにより、所望の発振波長が例えば波長透過特性グラフの片側の傾斜にロックするように設定される。

【0120】図24は、波長固定制御方法について説明する一例のブロック図を示す。まず、エタロンフィルタの動作温度は、所望の発振波長毎に設定しておく。そして、スイッチ41を切り替えることにより各チャネル毎に設定されている動作温度42～45、言い換えれば所望の動作温度のときのサーミスタ抵抗値がスイッチ41を介して比較回路40に供給される。

【0121】温度制御回路27は、サーミスタ抵抗16-2から供給されるサーミスタ抵抗値とスイッチ41を介して供給されるサーミスタ抵抗値との比較結果に応じてTEC14-2を制御し、エタロンフィルタの動作温度を調整することが可能である。

【0122】一方、モニタPD13から出力されるモニタ電流は増幅回路46を介して比較回路52に供給される。また、モニタPD25から出力されるモニタ電流は増幅回路47～50に供給される。増幅回路47～50は各チャネル毎に所望の発振周波数となるような増幅値が設定されており、スイッチ51を切り替えることにより増幅回路47～50のうちの一の出力が比較回路52に供給される。

【0123】温度制御回路53は、増幅器46を介して供給されるモニタ電流とスイッチ51を介して供給されるモニタ電流との比較結果に応じてTEC14-1を制御し、LD素子10の動作温度を調整することが可能である。

【0124】なお、エタロンフィルタの動作温度を調整することにより、いかなる波長にもロック可能な光モジュールが実現できるので、図25に示すようなアレイ状LD素子又は図26に示すようなタンデム状LD素子などを利用する光モジュールについても本発明を適用できる。

【0125】また、前述した第1実施例～第4実施例の光モジュールは、LD素子10の後方向に出力される光信号を利用して発振波長の調整を行なっているが、前方に出力される光信号を利用することも可能である。

【0126】図27は、本発明の光モジュールの第5実施例の側面図を示す。また、図28は、本発明の光モジュールの第5実施例の上面図を示す。図27、図28の光モジュール3は、前方向に出力される光信号をBS24-1、24-2でそれぞれ2分岐する。BS24-1、24-2で分岐された光信号は、PDキャリア22に設置されたモニタPD25とPDキャリア12に設置されたモニタPD13とに供給される。その他の処理は第4実施例と同様であり説明を省略する。

10 【0127】図29は、本発明の光モジュールの第6実施例の側面図を示す。また、図30は、本発明の光モジュールの第6実施例の上面図を示す。図29、図30の光モジュール3は、図16の光モジュール3のTEC14及びマウントキャリア14が二つに分割されている。

【0128】このように、TEC14及びマウントキャリア14を二つに分割することにより、LD素子10の動作温度とフィルタ23の動作温度とを夫々別々に調整することが可能となる。なお、その他の処理は前述の各実施例と同様であり説明を省略する。

20 【0129】

【発明の効果】上述の如く、本発明によれば、第1受光レベル検出手段を半透明構造とすることで、第1受光レベル検出手段を透過した光信号を第2受光レベル検出手段に供給することが可能となる。したがって、光信号を分岐する為の部品が不要となり、組立コストを減少することができる。

【0130】また、第1制御手段と第2制御手段とを有することにより、発光手段の動作温度とフィルタ手段の動作温度とを別々に調整することが可能となる。したがって、発光手段から出力される光信号の波長を高精度に調整することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】光モジュールの一例の側面図である。

【図2】光モジュールの一例の上面図である。

【図3】光モジュールの他の一例の側面図である。

【図4】光モジュールの他の一例の上面図である。

【図5】波長固定制御方法について説明する一例のブロック図である。

【図6】モニタPDから出力されるモニタ電流値について説明する一例の図である。

【図7】割り算回路TECから出力される値について説明する一例の図である。

【図8】本発明の光モジュールの第1実施例の側面図である。

【図9】本発明の光モジュールの第1実施例の上面図である。

【図10】LD素子の発振波長の温度特性について説明する一例の図である。

【図11】波長固定制御方法について説明する一例のブロック図である。

50

【図12】モニタPDから出力されるモニタ電流値について説明する一例の図である。

【図13】エタロンフィルタの原理について説明する一例の図である。

【図14】エタロンフィルタの入射角度依存性を説明する一例の図である。

【図15】入射角度0°, 3°のときのフィルタ特性を説明する一例の図である。

【図16】本発明の光モジュールの第2実施例の側面図である。

【図17】本発明の光モジュールの第2実施例の上面図である。

【図18】本発明の光モジュールの第3実施例の側面図である。

【図19】本発明の光モジュールの第3実施例の上面図である。

【図20】フィルタ特性の温度依存性について説明する一例の図である。

【図21】フィルタ特性の温度依存性を考慮して設計されたピーク間隔F S Rについて説明する一例の図である。

【図22】本発明の光モジュールの第4実施例の側面図である。

【図23】本発明の光モジュールの第4実施例の上面図である。

【図24】波長固定制御方法について説明する一例のブロック図である。

【図25】アレイ状LD素子の一例の構成図である。

【図26】タンデム状LD素子の一例の構成図である。

【図27】本発明の光モジュールの第5実施例の側面図である。

【図28】本発明の光モジュールの第5実施例の上面図である。

【図29】本発明の光モジュールの第6実施例の側面図である。

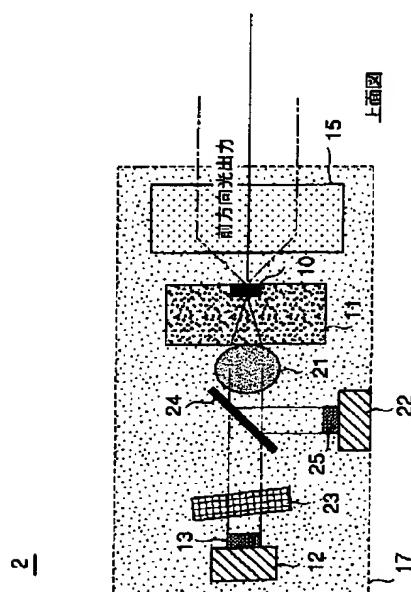
【図30】本発明の光モジュールの第6実施例の上面図である。

【符号の説明】

10	3	光モジュール
10	10	レーザダイオード素子
11	11	レーザーダイオードキャリア
12, 30, 22	12, 30, 22	フォトダイオードキャリア
13, 25, 31	13, 25, 31	モニタフォトダイオード
14, 14-1, 14-2	14, 14-1, 14-2	電気-熱変換素子
15	15	第1レンズ
16, 16-1, 16-2	16, 16-1, 16-2	サーミスタ抵抗
17, 17-1, 17-2	17, 17-1, 17-2	マウントキャリア
18	18	光アイソレータ
20	19	第2レンズ
21	21	後方レンズ
23	23	光フィルタ
24	24	ビームスプリッタ
26	26	割り算回路TEC
27, 53	27, 53	温度制御回路
40, 52	40, 52	比較回路
41, 51	41, 51	スイッチ
46~50	46~50	增幅回路

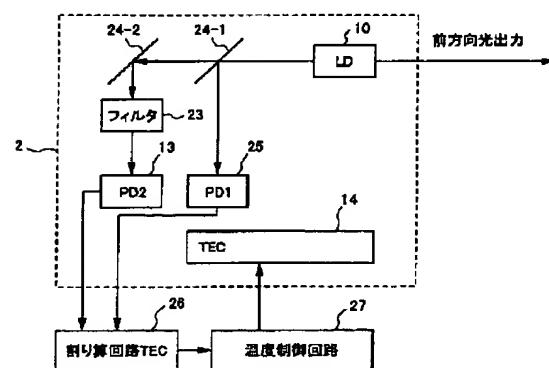
【図4】

光モジュールの他の一例の上面図

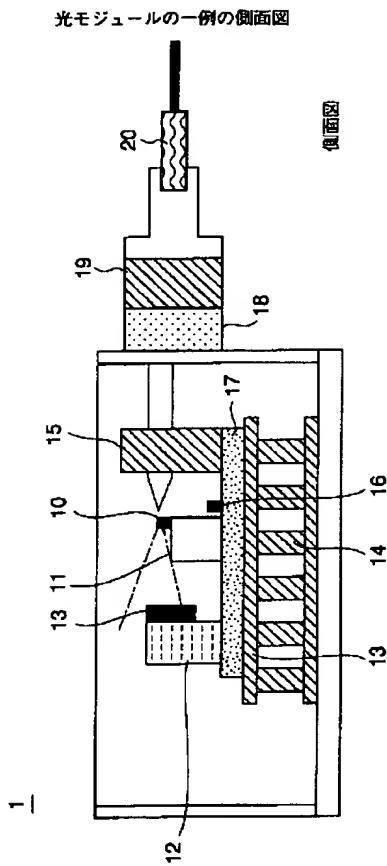


【図5】

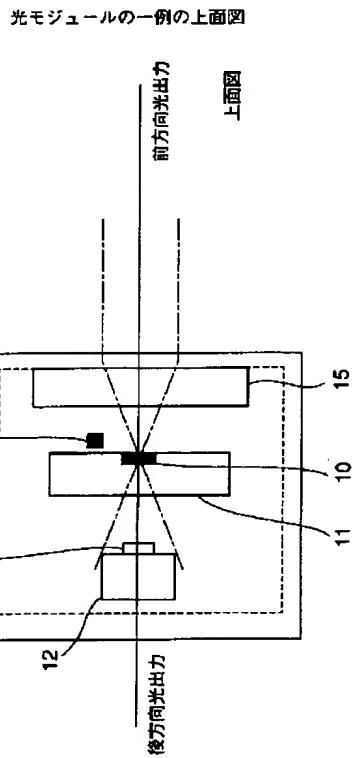
波長固定制御方法について説明する一例のブロック図



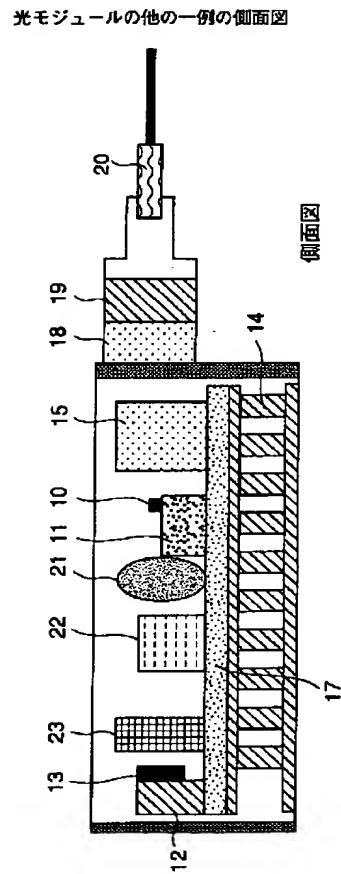
【図1】



【図2】

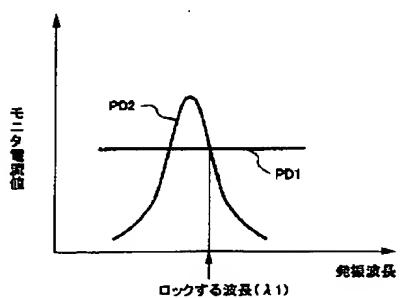


【図3】



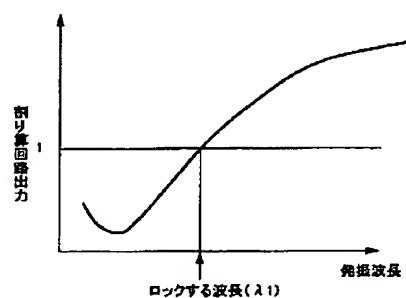
【図6】

モニタPDから出力されるモニタ電流値について説明する一例の図



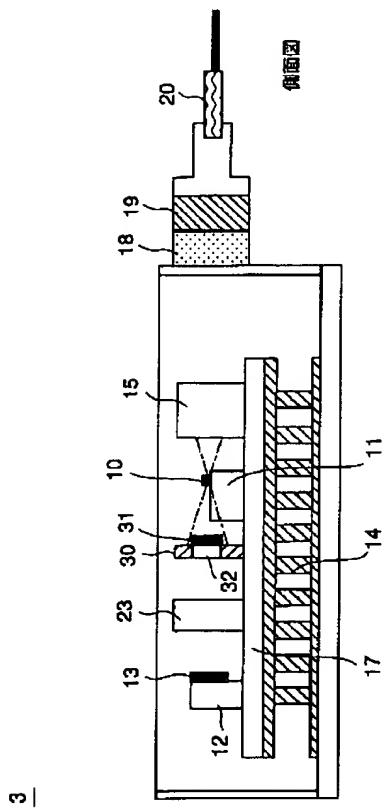
【図7】

割り算回路TECから出力される値について説明する一例の図



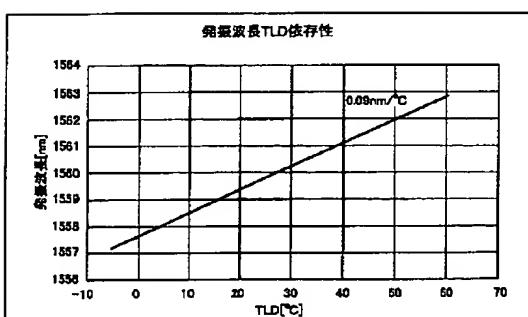
【図8】

本発明の光モジュールの第1実施例の側面図



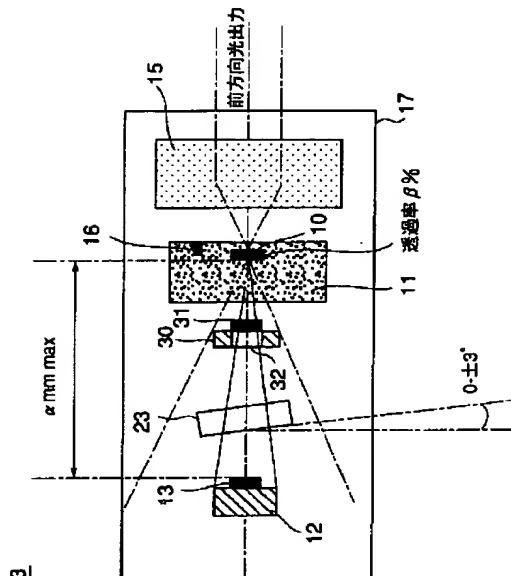
【図10】

LD素子の発振波長の温度特性について説明する一例図



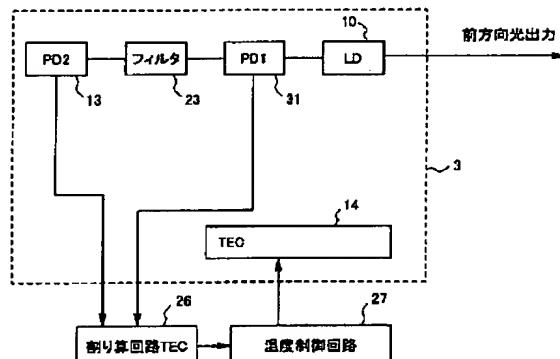
【図9】

本発明の光モジュールの第1実施例の上面図



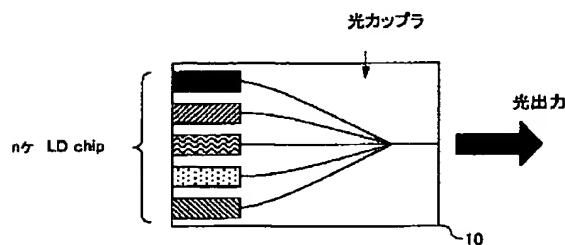
【図11】

波長固定制御方法について説明する一例のブロック図



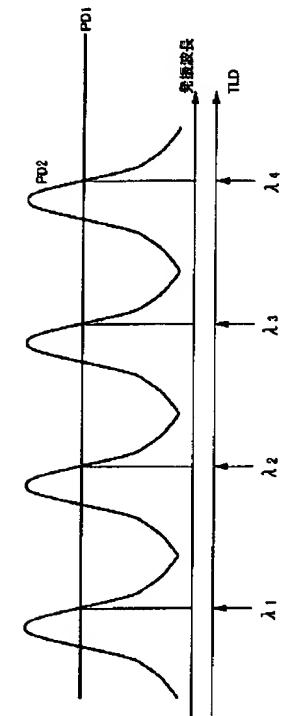
【図25】

アレイ状LD素子の一例の構成図



【図12】

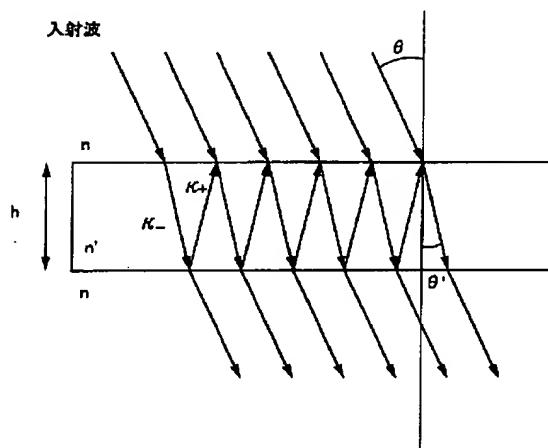
モニタPDから出力されるモニタ電流値について説明する一例の図



モニタ電流値

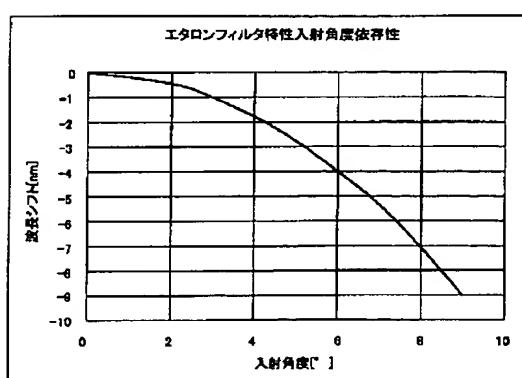
【図13】

エタロンフィルタの原理について説明する一例の図



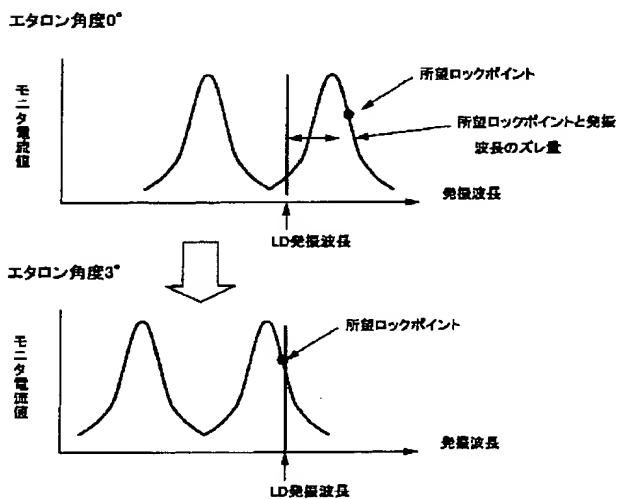
【図14】

エタロンフィルタの入射角度依存性を説明する一例の図



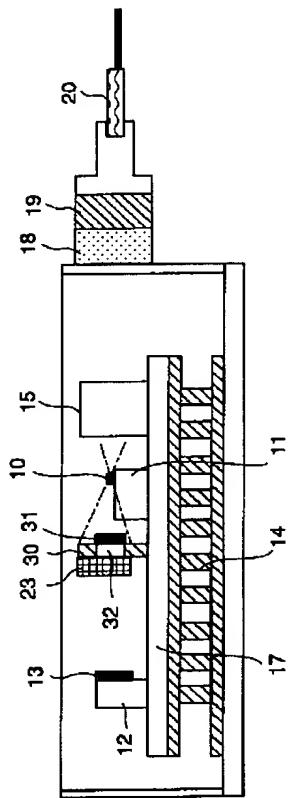
【図15】

入射角度0°, 3°のときのフィルタ特性を説明する一例の図



【図16】

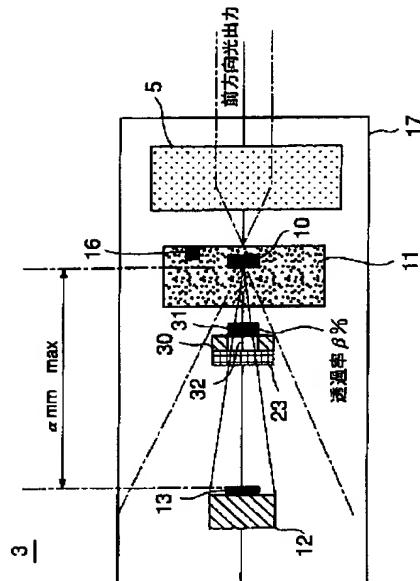
本発明の光モジュールの第2実施例の側面図



3

【図17】

本発明の光モジュールの他の第2実施例の上面図

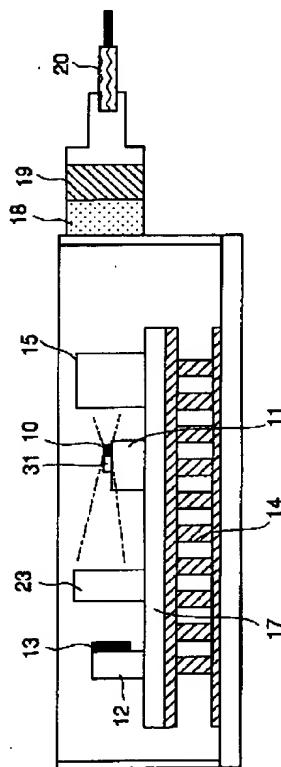


【図21】

フィルタ特性の温度依存性を考慮して設計された
ピーク間隔FSRについて説明する一例の図

【図18】

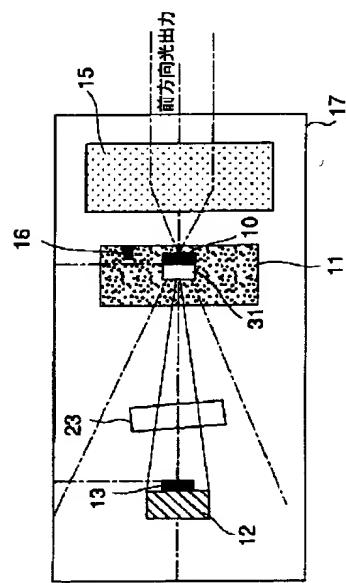
本発明の光モジュールの第3実施例の側面図



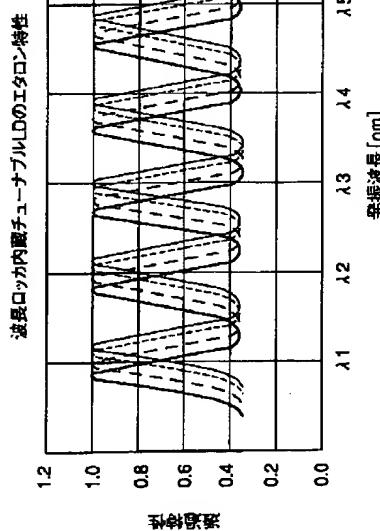
3

【図19】

本発明の光モジュールの第3実施例の上面図

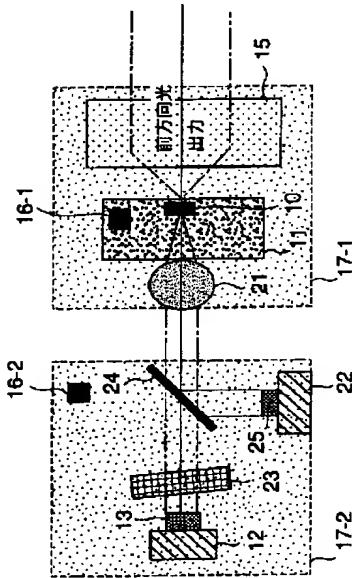


3



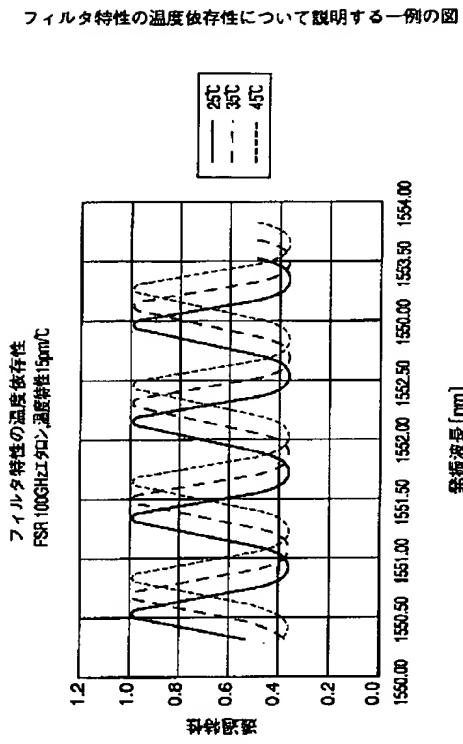
【図23】

本発明の光モジュールの第4実施例の上面図

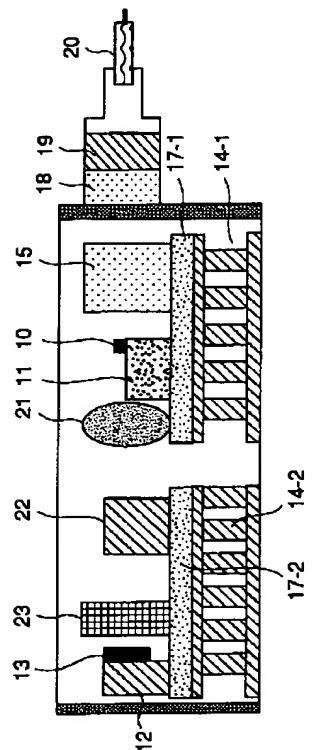


3

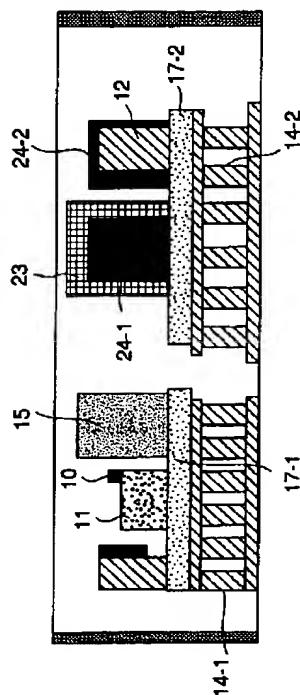
【図20】



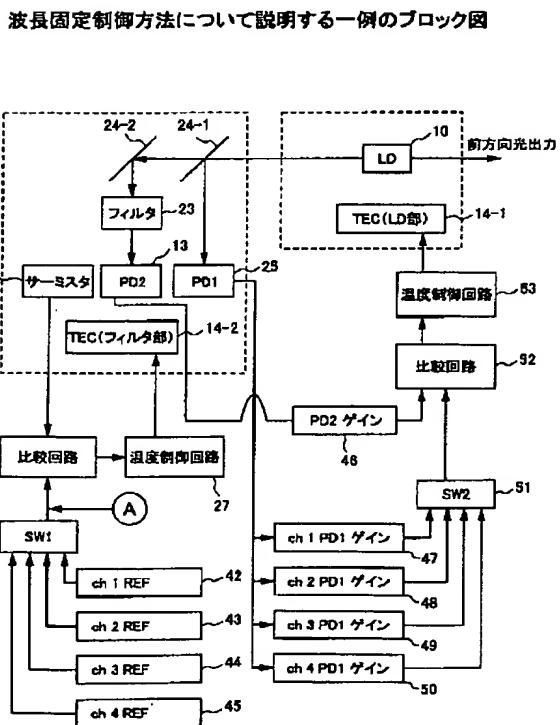
【図22】



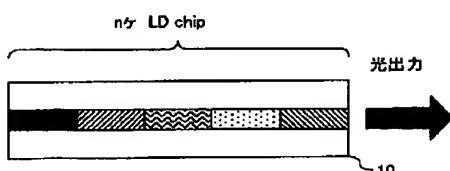
【図27】



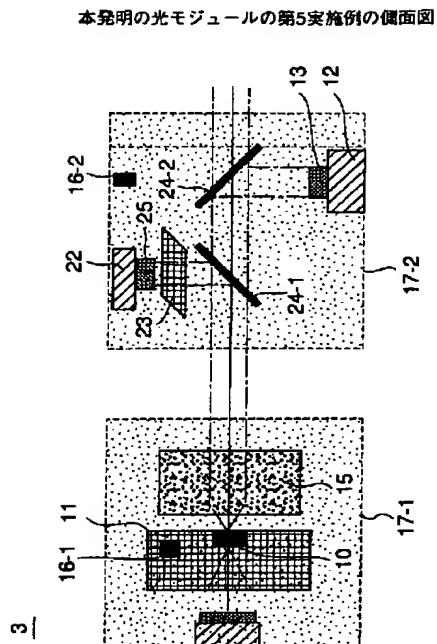
【図24】



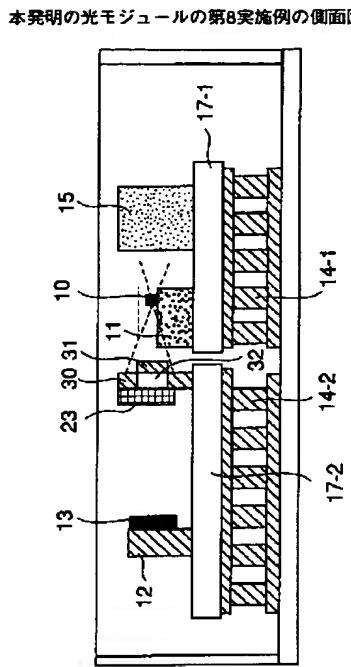
〔図26〕



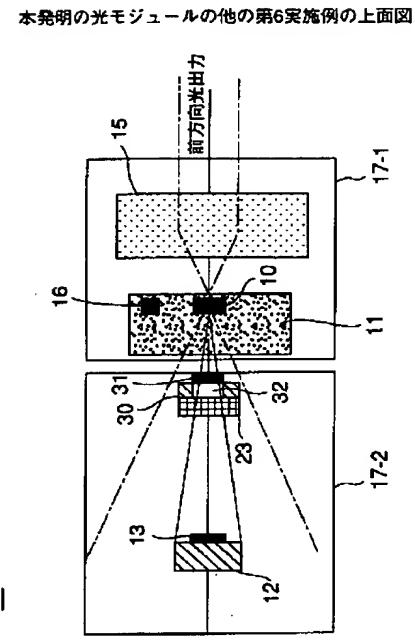
【図28】



【図29】



【図30】



フロントページの続き

(72)発明者 酒井 喜充

北海道札幌市北区北七条西四丁目3番地1
富士通北海道ディジタル・テクロノジ株
式会社内

(72)発明者 栗林 昌樹

北海道札幌市北区北七条西四丁目3番地1
富士通北海道ディジタル・テクロノジ株
式会社内

Fターム(参考) 5F073 AB04 AB25 EA03 FA02 FA25

GA22